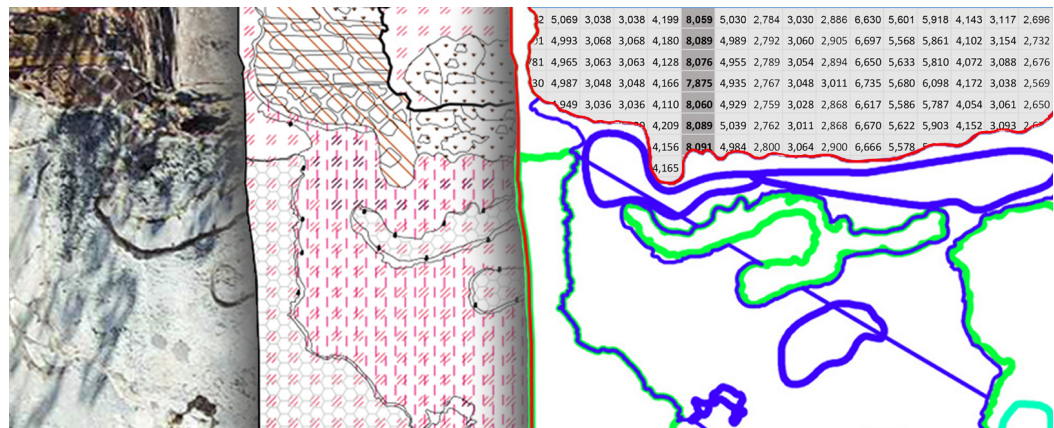
Sul rapporto semantico tra dati grafici e numerici in un modello di valutazione del Rischio archeologico

Elena Eramo

Abstract

Nei processi di conservazione del dei beni archeologici immobili, i modelli di valutazione del rischio di perdita costituiscono un fondamentale strumento di supporto decisionale. Nell'ambito dello studio dottorale, condotto da chi scrive, incentrato sul rilievo quale strumento di sostegno a tali procedure, è stato individuato un preesistente modello sperimentale di valutazione, a scala locale, del rischio archeologico, la cui preminente caratteristica è l'utilizzo di dati, inerenti alla composizione materica e allo stato di degrado dei manufatti, desunti attraverso rilievo e processati a partire dalla loro restituzione grafica. Tale peculiarità ha indotto a selezionare il modello quale base delle successive ricerche, articolate in una sperimentazione che ha previsto attività operative nel sito della Villa Adriana a Tivoli, caso studio dell'indagine, parallelamente alla riformulazione dell'algoritmo di calcolo che costituiva il fulcro del modello. Il contributo tratta, in particolare, di come siano stati emendati alcuni limiti, riscontrati nel modello, inerenti all'interpretazione degli indici di Rischio calcolati, attraverso la costruzione di un rapporto semantico univoco tra il dato grafico desunto da rilevamento, opportunamente codificato in elaborati bidimensionali, e valore numerico elaborato nell'algoritmo. Il rinnovato modello è divenuto una più solida base per gli sviluppi futuri, incentrati sulla creazione di una struttura dei dati BIM-*based*.

Parole chiave
Rilievo, beni archeologici, patrimonio culturale, valutazione del rischio

Topic
Classificare

Dal fotopiano di una superficie archeologica, attraverso le mappature 2D del suo stato di conservazione fino alla loro traduzione in indici attraverso l'algoritmo di calcolo. (Elaborazione dell'autore).

doi.org/10.3280/oa-832-c150

Tra le strategie di conservazione dei beni archeologici immobili, assume particolare rilevanza la possibilità di impiegare modelli di valutazione del rischio, quali strumenti per indirizzare le scelte di intervento in senso preventivo. A livello nazionale, l'Istituto Centrale per il Restauro, attraverso il progetto *Carta del Rischio* (Cdr), cura la classificazione dello stato di vulnerabilità dei beni e delle pericolosità nei territori in cui essi risiedono, oltre a promuovere lo sviluppo di modelli che traducano tali aspetti in indicatori numerici e li sintetizzino in termini di Rischio. Nell'impostazione della Cdr, sono previsti tre diversi livelli di risoluzione nella definizione del Rischio [Accardo 2006]. La maggior risoluzione si ha al livello "locale", più oneroso da raggiungere, poiché dati dettagliati di pericolosità sono disponibili in pochi casi, ma ancora di più perché richiede una dettagliata descrizione della vulnerabilità di ciascun bene, che sia ripetibile attraverso procedure standard. A tal fine l'ICR ha sviluppato una schedatura conservativa per descrivere consistenza, composizione materica e stato di conservazione del patrimonio archeologico. Essa prevede una metodologia di distinzione delle parti e sotto-parti che compongono un bene archeologico, organizzate per classi di elementi (strutture in elevazione, orizzontamenti, rivestimenti, ecc.) e sottoclassi, dette componenti (p.e: le strutture in elevazione includono pareti, colonne, architravi, ecc.). Di ognuna, sono descritti i materiali, le tecniche esecutive e le patologie di danno, queste ultime classificate per classi e sottoclassi. Per ciascun danno sono, inoltre, attribuiti valori numerici, ad intervalli predefiniti, che ne rappresentano elementi quantitativi (la diffusione) o qualitativi (i giudizi su gravità e urgenza di intervento). Attualmente, il sistema CdR implementa un algoritmo di calcolo dell'Indice di Vulnerabilità per i beni archeologici, sulla base dei dati presenti nella schedatura [Ferroni, Cacace 2004], ma non un calcolo dell'Indice di Rischio, sebbene esistano varie sperimentazioni condotte in tal senso.
Tra queste, di particolare interesse è la ricerca di Lazzeri [Lazzeri 2011] condotta in collaborazione con l'ICR, che ha proposto un modello di valutazione *multihazard* per il calcolo del Rischio Locale per i Beni Archeologici (da qui in poi RLBA) (fig. 01).

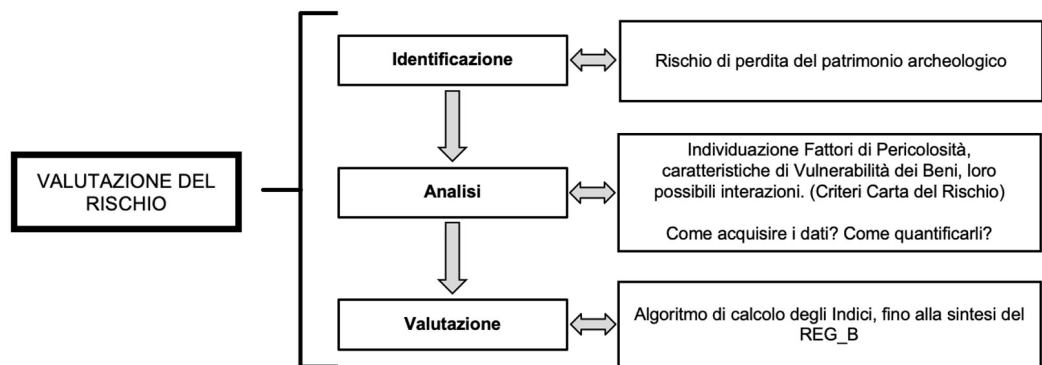
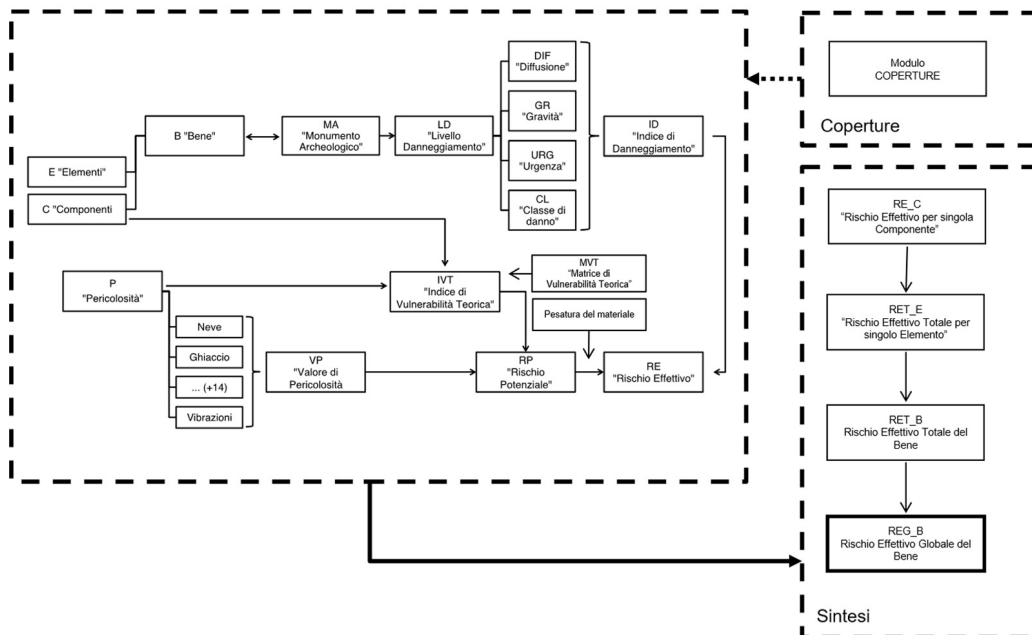



Fig. 01. Schema delle fasi del processo di valutazione nel caso in esame. (Immagine dell'autore).

Il modello, mutuando l'impostazione di un suo analogo per i beni architettonici [Corcelli et al. 2008], sfrutta gli strumenti di catalogazione resi disponibili dai diversi enti preposti (ICR, ICCD), definendo un flusso di acquisizione ed elaborazione dei dati, con "scopo primario quello di definire un algoritmo" [Lazzeri 2011, p. 378] (fig. 02) che consentisse di pervenire al calcolo dell'Indice di Rischio Effettivo (RE) per ciascun bene. L'elemento che ha indotto a procedere nella ricerca, con tale modello quale base, risiede nella strutturazione dei dati, inerenti allo stato di conservazione, attraverso la redazione di elaborati grafici. Da questi si ottengono dati numerici, tradotti dall'algoritmo in indici.
Tale metodo valorizza l'assioma fondante della CdR per cui "la vulnerabilità può essere considerata una dimensione latente [...] misurabile attraverso i vari aspetti del degrado" [Cacace, Ferroni 2006, p. 35.].
La disamina critica del modello RLBA e una fase operativa di sperimentazione nel sito della Villa Adriana di Tivoli, hanno consentito di individuare elementi problematici, riconducibili da

Fig. 02. Schema del flusso logico del calcolo nel modello RLBA [Lazzeri 2011]. (Immagine dell'autore).

un lato alle modalità di acquisizione, restituzione e strutturazione dei dati, in fase di rilevamento, dall'altro alle modalità con cui i dati vengono tradotti in forma numerica ed elaborati nel processo di calcolo (fig. 03).
Tra le prime, in particolare, è apparso come la codifica grafica dei dati vettoriali 2D adottata, preliminare alla strutturazione degli stessi in GIS, fosse utile alla rappresentazione su supporto grafico, ma rendesse la traduzione dei dati grafici in input per l'algoritmo validata solo dalla coincidenza tra rilevatore e progettista del modello. Nel secondo gruppo, invece, si ascrivono effetti indesiderati dell'integrazione della *Fuzzy Logic* nel calcolo, oltreché la comparsa di "danni fantasma", dipendente dalla modalità con cui venivano compilate le matrici dall'algoritmo. Tali criticità sono state risolte con una nuova implementazione dell'algoritmo, riorganizzandone e riformulandone passaggi specifici.
Seppure si manifestassero in forme diverse - se declinate rispetto alla metodologia di rilievo, ovvero al processo di calcolo - alcune criticità sono, invece, apparse riferibili ad entrambi gli ambiti e hanno richiesto, nel tentativo di superarle, una lettura trasversale. La risoluzione di questi problemi "cardinali" si sostanzia nella costruzione di un corretto rapporto semantico, univoco, tra il dato grafico desunto dal rilievo e il dato numerico elaborato nel calcolo. Solo tale univocità ha consentito di qualificare i risultati del processo, che hanno guadagnato chiarezza nella rappresentazione degli aspetti che descrivono, e altrettanto di quelli che non

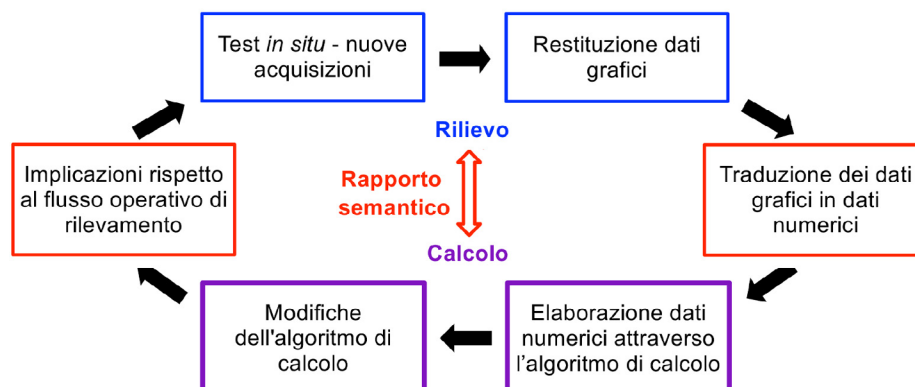



Fig. 03. Schema delle fasi iterative del processo di indagine. (Immagine dell'autore).

possono descrivere (in larga parte dipendenti dalle, intrinsecamente, limitate capacità di rappresentazione di un qualsiasi modello di sintesi di un problema complesso). Nella costruzione del rapporto, particolare attenzione è stata posta alla necessità che questo qualifichi i dati di input dell'algoritmo, qualunque sia l'operatore preposto alla produzione. Per la soluzione sono state formulate più ipotesi, ciascuna delle quali comportava implicazioni nella organizzazione del processo di restituzione e forniva un significato diverso ai valori calcolati. Si illustreranno quelle selezionate per la versione finale del modello aggiornato.
Il primo dei due problemi cardinali corrisponde alla assenza di definizione esplicita dell'unità di riferimento, rispetto alla quale valutare il Rischio Effettivo (RE). Quale sia l'unità di riferimento nella discretizzazione del Bene in "parti" è un problema cui rispondere tanto attraverso la corretta progettazione del rilievo iniziale, quanto nella corretta strutturazione dei dati da immettere nell'algoritmo.
In relazione a quest'ultimo, l'indice RE è l'anello logico di congiunzione tra i due principali blocchi che lo compongono (fig. 02): nel primo, i dati descrittivi di una certa "parte" di bene vengono elaborati pervenendo alla formulazione di RE per quella stessa "parte". Nel secondo blocco le diverse "parti" vengono ricomposte con un alto livello di astrazione, tramite medie matematiche dei diversi indici RE calcolati, per classi di danno e classi di elementi e, infine, per i diversi fattori di pericolosità, pervenendo, infine, a un valore di Rischio Globale (RG). In questa sede, si evidenzia solamente come dall'algoritmo venisse generata, per un bene e per ciascuna pericolosità, una matrice composta da valori di RE organizzati per più componenti (ordinati in righe) e per più sottoclassi di danno (le colonne). Cosa rappresentino, davvero, i diversi RE nelle matrici dipende, tuttavia, dalla definizione di "parte". Per ciascuna componente i dati rappresentativi delle condizioni di danno sono espressi rispetto alla sottoclasse di danno, gravità, urgenza e diffusione. L'ultima è l'unica variabile quantitativa, che esprime l'estensione del danno normalizzata rispetto all'area totale della "parte" in analisi. Una volta che da questi dati si calcolano i coefficienti RE, le operazioni successive riguardano esclusivamente la sintesi progressiva degli indici, scartando ogni informazione pregressa sulle caratteristiche del danno. Non denunciare a quale unità, coincidente con l'area totale nel calcolo della diffusione, si faccia riferimento, comporta, poi, il mediare valori che potrebbero rappresentare condizioni diverse e che, una volta sintetizzati, perdono definitivamente di ogni significato. Il dato rappresentativo, l'area, non era parte degli input dell'algoritmo, ma desunta dalla organizzazione delle restituzioni grafiche.
Si è deciso di calcolare la diffusione rispetto all'area totale di ciascuna componente per sé stessa. In termini di significato, ne deriva che un indice RE per la componente avrò un valore alto se lo stato di danneggiamento della singola componente è "alto" (riassumendo gli effetti di più danni gravi, urgenti, ma, soprattutto, estesi). Se tale componente fosse anche, per assurdo, una porzione minima del bene, e che questo nel complesso fosse poco danneggiato, gli indici di sintesi rispecchierebbero il valore alto di Rischio della singola componente danneggiata, a fronte di una condizione complessiva di buona conservazione, enfatizzando il contributo dell'elemento critico. La decisione di rappresentare RE rispetto all'area di ciascuna componente per sé implica la distinzione preliminare di tali componenti nelle fasi di rilevamento. Nella corretta progettazione dell'acquisizione dei dati, pertanto, a seguito della definizione metrica della macro-porzione di bene oggetto di rilevamento, è necessario individuare quali siano le sue diverse componenti (così come intese nella classificazione ICR), in tale porzione esistenti. Questo passaggio costituisce una chiave fondamentale per la corretta redazione degli elaborati grafici e uno dei maggiori elementi di chiarificazione delle procedure, emersi quali necessari dalle sperimentazioni *in situ*.
La seconda problematica cardinale è quella inerente alle implicazioni della descrizione di un bene attraverso il solo stato delle sue superfici visibili. Ai fini della rappresentazione numerica delle informazioni, ci si è chiesti quale fosse la superficie rappresentativa del volume di una componente. Supponendo, ad esempio, di rilevare un elemento la cui estensione nella terza dimensione sia ridotta rispetto alle altre, come nel caso di una muratura in elevazione, si può scegliere di considerare la superficie di una sola faccia principale come area rappresentativa dell'intero volume, oppure l'area pari alla somma delle due facce principali, o, ancora, di includere anche le facce trasversali nel totale. Considerare più superfici come parte della singola

componente di riferimento, consente di tenere conto di tutti i danni presenti sul manufatto, ma riducendone il singolo apporto all'indice RE. Viceversa, prendere a riferimento una sola faccia della componente significa, in questo modello, calcolare il valore del Rischio per quella sola e, in fase di sintesi, confrontarlo con quello dell'altra, assumendo il valore medio qualora le due facce presentino uno stato di conservazione simile, ovvero il maggiore dei due se le condizioni sono piuttosto diverse. Si è optato, quindi, per questa ultima interpretazione, anche in virtù della considerazione che, qualora una delle due superfici non sia rilevabile, ridurre il contributo della parte rilevata sul totale può comportare una sottovalutazione nella quantificazione del problema. Tuttavia, riscontrato che questo secondo problema presenta le maggiori ricadute sulle operazioni di progettazione, esecuzione e restituzione grafica del rilievo, l'ipotesi è stata selezionata anche perché di semplice attuazione, ossia soddisfacente la maggior parte delle necessità a carattere pratico individuate nelle fasi operative.
Tralasciando le specifiche della re-implementazione dell'algoritmo, si riassumono, invece, gli aspetti principali della codifica grafica sviluppata nella ricerca, che affianca la precedente [Eramo 2018], conservata al solo fine di stampa dei dati raccolti (figg. 04, 05). La nuova è, invece, necessaria a garantire la trasmissione informatizzata e traduzione numerica dei dati processati dall'algoritmo, nella restituzione dei dati in ambiente vettoriale CAD.
Essa prevede che, per ogni elaborato, corrispondente a una unità rilevata, si riportino su *layer* a denominazione fissata le informazioni inerenti a: area totale (per singola componente e superficie); aree non rilevabili (interne al totale indicato); aree corrispondenti alle differenti tecniche esecutive del manufatto, distinguendo anche i *layer* per i materiali di restauro; i segni grafici corrispondenti alle patologie di danno rilevate, riunite per tipologia su un *layer* riportante la classe e sottoclasse di danno. Allo scopo di ridurre il tempo necessario a restituire i dati o le possibilità di errore nella gestione dei livelli, è stato prodotto un file *template* specifico (fig. 07). Ogni informazione viene descritta da contorni definiti attraverso polilinee chiuse, ad eccezione delle patologie di danno puntuali (per cui si sono adottate convenzionalmente delle circonferenze) e dei danni a sviluppo lineare (fessure, distacchi tra elementi verticali, …), rappresentati quali polilinee aperte.
Per ciascun danno rilevato, si è quindi definito un metodo univoco per indicare gravità ed urgenza, attuato attraverso l'assegnazione di proprietà *by object* a ciascuna primitiva grafica. La gravità del danno si assegnerà attraverso un colore di linea predefinito, l'urgenza sarà indicata attraverso lo spessore del tratto, secondo un fattore di moltiplicazione fissato. Per tutti i restanti segni grafici è possibile utilizzare liberamente le proprietà di linea, per una agevole gestione del disegno in fase di redazione (figg. 08, 09).
La scelta delle tipologie di oggetto e delle proprietà semplici descriventi il danno, comporta che i *file* così prodotti occupino uno spazio ridotto rispetto ai precedenti, densi di tratteggi, ma siano facilmente convertibili nell'altra codifica grazie all'univocità del dato.

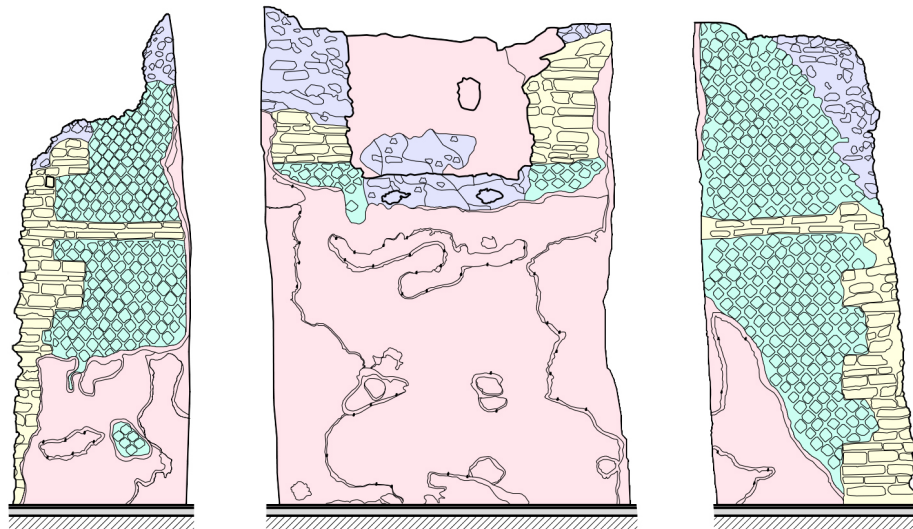



Fig. 04. Esempio di rilievo della composizione materica di tre murature del complesso degli *Hospitalia* (Villa Adriana), mappata secondo la prima codifica grafica. (Disegno dell'autore).

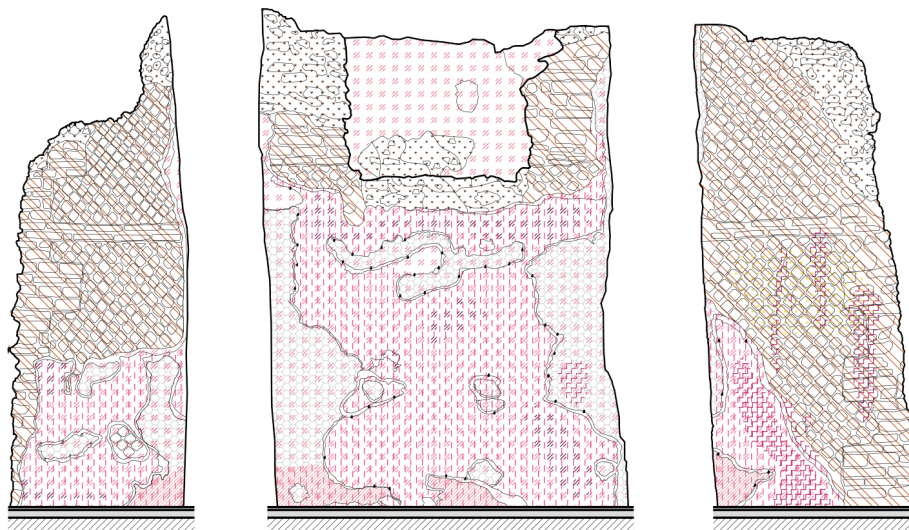
Fig. 05. Esempio di rilievo dello stato di degrado delle medesime murature, mappato secondo la prima codifica grafica. (Disegno dell'autore).

La struttura degli elaborati, inoltre, è stata pensata per essere agevolmente esportabile in formato CSV. La denominazione dei livelli, i valori costanti per colore-gravità e spessore-urgenza, la presenza dei dati riferibile all'area totale della singola componente, permettono, infine, la lettura automatica dei dati attraverso la funzione macro, con la quale è stato re-implementato l'algoritmo. In conclusione, preme ribadire come le indicazioni metodologiche proposte siano da intendersi assolutamente complementari a quelle necessarie per altre tipologie di analisi e approcci conoscitivi. La limitazione del presente metodo consta, principalmente, nel rappresentare in due dimensioni un oggetto tridimensionale, con caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche variabili in ciascuna delle tre dimensioni, da cui deriva che la risposta dell'oggetto a potenziali eventi dannosi è, ovviamente, dipendente dalle variazioni nelle tre dimensioni. Il metodo proposto descrive la "pelle" visibile di un organismo complesso, che attraverso questa pelle può, talora, mostrare le patologie che lo affliggono.

Fig. 06. Dettaglio fotografico delle murature in esempio. (Fotografia dell'autore).

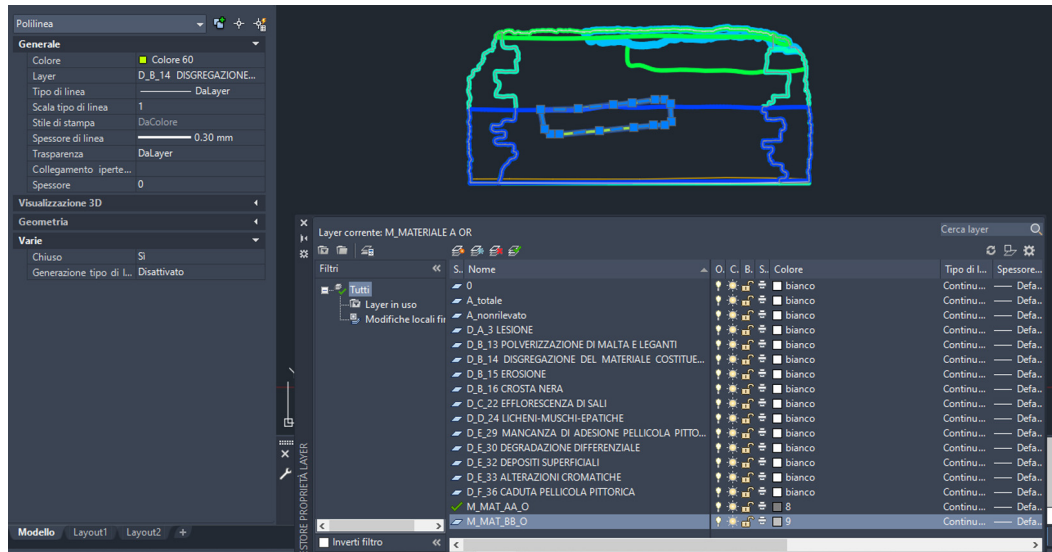
Fig. 07. Esempio della restituzione dei dati inerenti a una muratura degli *Hospitalia*, in ambiente CAD, secondo le modalità previste nel modello e attraverso il *template* prodotto. (Immagine dell'autore).

Le modalità di astrazione, utili alla valutazione del rischio, assumono senso solo se così concepite. Si sottolinea, infine, come la decisione di strutturare i dati in restituzioni vettoriali 2D, muove anche dalla riflessione che una modellazione spaziale delle informazioni consentirà ulteriori sviluppi del metodo, ed è l'oggetto delle indagini attualmente in corso, ma non basta ad ovviare a tale limite.

Fig. 08. (a sinistra) Le stesse murature, distinte in componenti e con tecniche esecutive mappate, secondo la nuova codifica. Si noti che gli elementi decorativi sono tracciati separatamente, e quali aree non rilevate (campite solo ai fini di una migliore lettura in questa sede) rispetto alle murature su cui insistono. (Disegno dell'autore).

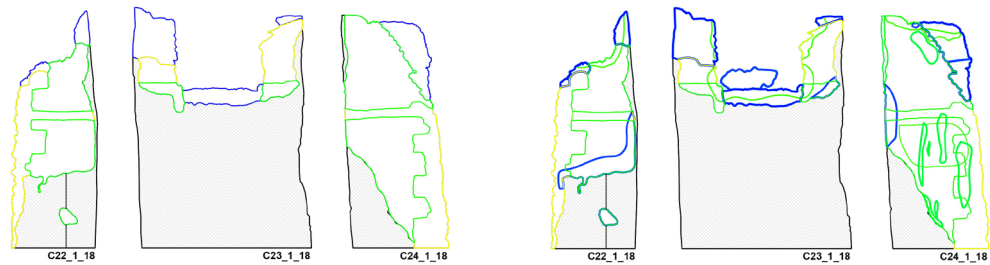
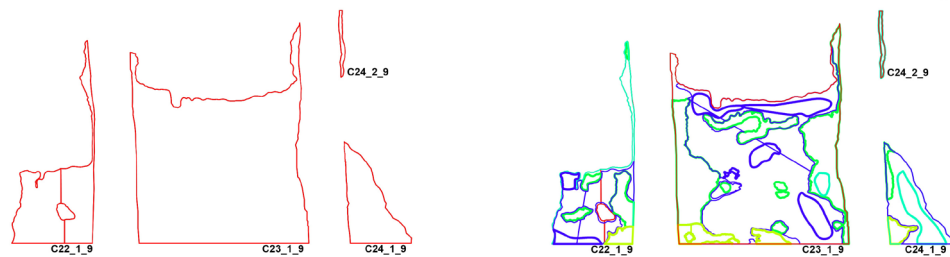



Fig. 09. (a destra) Il rilievo del degrado secondo la nuova codifica. Si sottolinea come i vantaggi di questa non siano apprezzabili nella stampa, ma essa consenta di interrogare le caratteristiche di danno in ambiente CAD, attraverso le proprietà di oggetto. (Disegno dell'autore).

Riferimenti Bibliografici

Accardo, G. (2006). Coperture archeologiche e metodologia della Carta del Rischio. In Laurenti, M.L. (a cura di). *Le coperture delle aree archeologiche. Museo aperto*, Roma: Gangemi, pp. 21-34.

Cacace, C., Ferroni, A.M. (2006). La vulnerabilità dei monumenti e dei complessi archeologici: schedatura conservativa e calcolo dell'indice. In Laurenti, M.L. (a cura di). *Le coperture delle aree archeologiche. Museo aperto*, Roma: Gangemi, pp. 35-44.

Corcelli, A., Ioannilli, M., Cacace C. (2008). *Progettazione e sperimentazione di un modello di analisi multi-hazard per la valutazione del rischio locale dei beni culturali. In atti della 12° conferenza Nazionale ASITA*, 21-24 ottobre, L'Aquila, vol. 1, pp. 847-852.

Eramo, E. (2018). *Verso una codifica grafica per la caratterizzazione del rilievo archeologico finalizzato alla conservazione*. In Gómez de Terreros Guardiola, M.V., Pérez-Prat Durbán, L. (a cura di). *Las ruinas: concepto, tratamiento y conservación*, pp. 193-200. Huelva: Universidad de Huelva.

Ferroni, A.M., Cacace, C. (2004). *Carta del Rischio: la Vulnerabilità archeologica, in Apparati musivi antichi nell'area del Mediterraneo: conservazione programmata e recupero. Contributi analitici alla Carta del Rischio. Atti del I convegno internazionale di studi: La materia e i segni della storia*, pp.466-472. Piazza Armerina, 9-13 aprile 2003. Palermo: Dario Flaccovio.

Lazzeri, E. (2011). Un modello multi-hazard per la valutazione del rischio dei beni archeologici. In *Archeologia* e *Calcolatori,* 22, pp.365-389.

Autore
Elena Eramo, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"
eramo@ing.uniroma2.it

Per citare questo capitolo: Eramo Elena (2022). Sul rapporto semantico tra dati grafici e numerici in un modello di valutazione del Rischio archeologico/The sematic relationship between graphic and numerical data in an archaeological heritage Risk assessment model. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2394-2409.

 Isbn 9788835141938

The sematic relationship between graphic and numerical data in an archaeological heritage Risk assessment model

Elena Eramo

Abstract

Models of risk assessment are a fundamental tool for defining strategies in the preservation process of archaeological heritage. As part of the author's doctoral study, which focused on the survey as a tool for supporting this kind of procedure, a pre-existing experimental model for the local assessment of archaeological risk has been identified. Its prominent feature is the use of data describing the material composition and damage conditions of artefacts, derived from surveys and processed starting from their graphic rendering. Due to this peculiarity, the model was chosen as the basis of further research, structured through operational activities in the site of Villa Adriana in Tivoli and the concurrent reformulation of the algorithm, which is the core of the model. The paper discusses, particularly, the amending of some issues related to the interpretation of risk indexes as calculated in the model through the construction of an unambiguous semantic relation between graphic data derived from the survey, properly coded in 2D drawings, and numeric data processed in the algorithm. The renewed model became a solid base for further developments, mainly aimed at constructing a BIM-based data structure.

Keywords
Survey, archaeological heritage, risk assessment

Topic
Classifying

From an archaeological surface rectified photo, through the 2D mapping of its preservation state, to its translation into indices through the algorithm. (Author's image).

doi.org/10.3280/oa-832-c150

Among the strategies for preserving the immovable archaeological heritage, the use of risk assessment models is particularly relevant to direct intervention choices in a preventive sense. At a national level, the *Istituto Centrale per il Restauro*, through the project *Carta del Rischio* (CdR), attends to the classification of the state of vulnerability of the assets and the hazards in the territories in which they lie, as well as promoting the development of models that translate these aspects into numerical indicators and summarise them in terms of Risk. In the formulation of the CdR, there are three different levels of resolution in the definition of Risk [Accardo 2006]. The greatest resolution is at the "local" level, more onerous to achieve since detailed data about hazards are available in a few cases, but even more so because it requires a detailed description of the vulnerability of each asset, which must be repeatable through standard procedures. To this end, the ICR developed a conservative cataloguing system to describe the archaeological heritage's consistency, material composition, and preservation status. It provides a methodology for distinguishing the parts and sub-parts that make up an archaeological construction, organized by classes of elements (elevations, horizontal structures, decorations, etc.) and subclasses, or components (i.e.: the elevations class includes walls, columns, lintels, etc.). The materials, the execution techniques, and the pathologies of damage of each sub-part are described, the latter classified by classes and subclasses. Numerical values, ranging in predefined intervals, are then assigned to each damage: they represent quantitative elements (diffusion) or qualitative ones (assessments on severity and urgency of intervention). Currently, the CdR system implements an algorithm for calculating the Vulnerability Index for archaeological assets based on a catalogued set of data [Ferroni, Cacace 2004], but not a computation of the Risk Index, although various experiments have been carried out for this purpose.
Among these is of particular interest is the research of Lazzeri [Lazzeri 2011], driven in collaboration with the ICR, and proposing a multi-hazard assessment model for the computation of the Local Risk for Archaeological Heritage (hereafter RLBA) (fig. 01).

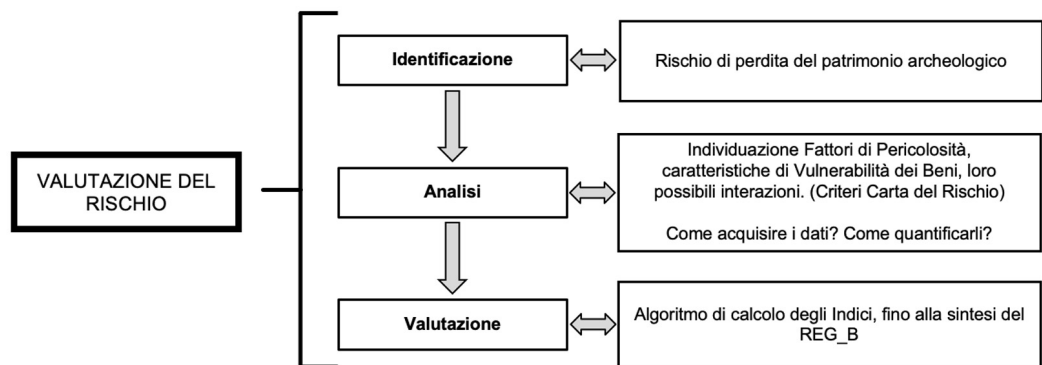
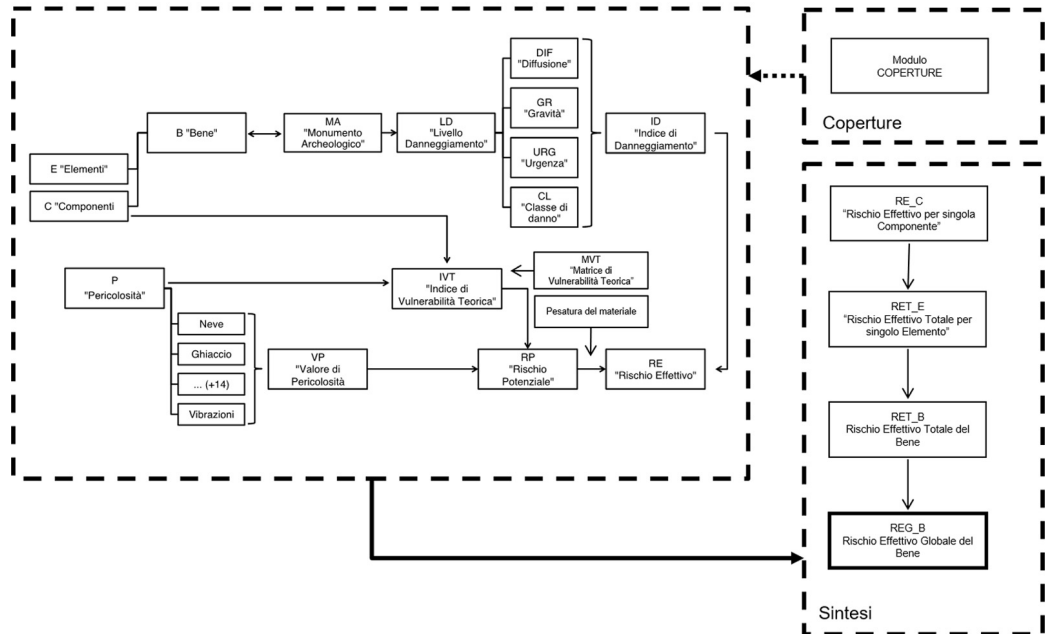



Fig. 01. Schematic diagram of the phases of the assessment process in the examined case. (Author's image).

The model adopted the setting of its analogue for architectural heritage [Corcelli et al. 2008], using the cataloguing tools made available by the various agencies (ICR, ICCD). It provided for a flow of data acquisition and processing, with the primary purpose of defining an algorithm [Lazzeri 2011, p.378] (fig. 02) that would allow the computation of the Effective Risk Index (RE) for each asset. The element that induced to proceed in the research, with such a model as a basis, resides in the idea of structuring data inherent to the state of preservation through drawings. Numerical data are obtained from these drawings and translated by the algorithm into indexes. This method enhances the founding axiom of the CdR whereby "la vulnerabilità può essere considerata una dimensione latente [...] misurabile attraverso i vari aspetti del degrado" [Cacace, Ferroni 2006, p. 35.].
The critical examination of the RLBA model, supported by an operational experimental phase in the site of Villa Adriana in Tivoli, made it possible to identify problematic aspects. On the one hand, these are attributable to the methods of acquiring, rendering and struc-

Fig. 02. Diagram of the logical flow of the computation in the RLBA model [Lazzeri 2011]. (Author's image).

turing data during the survey phase, and, on the other, to how data are translated into numerical form and worked out in the computation process (fig. 03).
Among the first, in particular, it appeared as the graphical encoding adopted for the 2D vectorial data, preliminary to their structuring in GIS, was useful to the graphic representation, but caused the translation of graphic data into inputs for the algorithm to be validated only by the concurrence between the surveyor and the model designer. In the second group, instead, are ascribed side effects of using Fuzzy Logic in the computation and the appearance of "ghost damages", depending on how the algorithm compiled matrixes. These critical issues have been resolved with a new algorithm implementation, reorganizing and reformulating specific steps.
Although they manifested themselves in different forms - if declined regarding the survey methodology or the computation process - some criticalities have, instead, appeared to belong to both the spheres and required, in the attempt to overcome them, a transversal reading. The resolution of these "cardinal" problems takes form from constructing a correct univocal semantic relationship between the graphic data derived from the survey and the numerical data elaborated in the computation. This univocity allowed qualifying the process results, which gained clarity in the representation of the characteristics they describe and those they can not describe (to a large extent dependent on the inherently lim-

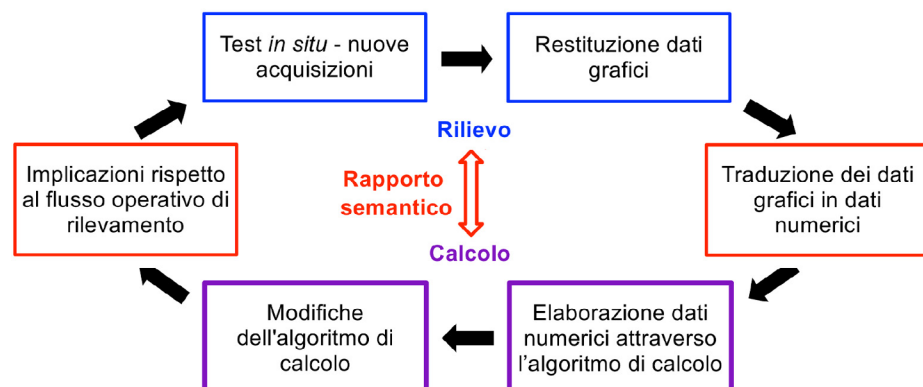



Fig. 03. Diagram of the iterative phases of the investigation process. (Author's image).

ited representational capability of any synthetic model of a complex problem). In building the relationship, particular attention was paid to the necessity that this qualifies the input data of the algorithm, whichever is the operator in charge of the production. Multiple hypotheses were formulated for the solution, each having implications for the organization of the drawing process and giving a different meaning to the computed values. The discussion will present those selected for the final version of the updated model.
The first of the two cardinal problems equals the absence of an explicit definition of the reference unit to assume when computing the Effective Risk (RE). What is the unit of reference in the discretization of a construction in "parts" is a problem to be answered both through the correct planning of the initial survey and through the correct structuring of data to be entered in the algorithm.
Concerning the latter, the RE index is the logical link between the two main blocks that compose it (fig. 02): in the first, the descriptive data of a specific "part" of the building are processed, achieving the formulation of RE for the same "part". In the second block, the different "parts" are reassembled with a high level of abstraction through mathematical averages of the different RE indexes computed per damage classes and element classes and, finally, per different hazard factors, ultimately obtaining a Global Risk value (RG). Here, it is merely enlighted that the algorithm generates, per building and per hazard, a matrix composed of RE values organized by several components (sorted in rows) and by multiple damage subclasses (columns). However, what the different RE's in the matrixes actually represent depends on the definition of "part". For each component, the representative data of the damage conditions shall be expressed in terms of subclass of damage, severity, urgency, and diffusion. The last is the only quantitative variable, which expresses the extent of the damage normalized to the total area of the "part" under analysis. Once the RE coefficients are computed from these data, the subsequent operations involve exclusively the progressive synthesis of the indexes, discarding any previous information on the attributes of the damage. Not to denounce to which unity, coinciding with the total area in the computation of diffusion, this refers, then involves averaging values that could represent different conditions and that, once synthesized, definitely lose all meaning. The representative data, the area, was not an input for the algorithm, but depended from the organization of the graphic renderings.
It was decided to calculate the diffusion relative to the total area of each component itself. In terms of significance, it follows that an RE index for the component will have a high value whenever the state of damage of the single component is "high" (summing up the effects of a more serious, urgent, but, above all, extensive damage). If such a component was also, for absurd, a minimal portion of an asset, overall slightly damaged, the synthesis indexes would reflect the higher value of Risk of the single damaged component in the face of an overall condition of good preservation, emphasizing the role of the critical element. The decision to represent RE referring to the area of each component per se implies the preliminary distinction of these components in the drawing phases. In the correct planning of data acquisition, therefore, following the metric definition of the macro-portion of the object of the survey, it is necessary to identify the different components (as intended in the ICR classification) that make up such portion. This step is a fundamental key to having a correct drawing and one of the significant elements of clarification of the procedures, which emerged as necessary from the *in situ* testing.
The second cardinal problem is inherent in the implications of describing an archaeological building only through the state of its visible surfaces. For the numerical representation of the information, the question that arose was which surface area was representative of the volume of a component. For example, assuming to assess an element whose extent in the third dimension is reduced compared to the others, such as a wall, it is possible to consider the surface of a single main face as the representative area of the whole volume, or the area equal to the sum of the two principal faces, or to include also the transverse faces in the total. Considering several surfaces as parts of the reference area of the component allows assessing all the damages present on the building but reduces their single contribution to the RE index. Conversely, assuming only one face of the component as

the reference means, in this model, to compute the value of the Risk for the single one. Then, in the synthesis phase, it will be compared with the value of the other face, selecting the average value if the two sides have a similar state of preservation or the greater of the two if the conditions are rather different Therefore, this last interpretation was chosen, not least because of the consideration that, if one of the two surfaces is not visible, reducing the contribution of the part surveyed on the total implies underestimating the problem. However, given that this second problem has the most significant impact on the operations of the plan, execution and graphic rendering of the surveys, the hypothesis was also selected because of its simple implementation, satisfying most of the practical needs identified in the operational phases.
While the specifics of the algorithm's re-implementation would require a digression, not in line with the aim of the paper, the main aspects of the graphic encoding developed in this research need to be summarized instead. It is important to recall that it complements a previous one [Eramo 2018] maintained for the sole purpose of printing the collected data (Figs. 04, 05). The new encoding is necessary to guarantee the computerized transmission and numerical translation of the data processed by the algorithm in the restitution of the data in the CAD environment. It provides that, for each drawing, corresponding to a surveyed unit, the information shall be drawn on a fixed name layer relating to total area (for each component and surface); undetectable areas (within the total indicated); areas corresponding to the different techniques of execution of the artefact (also distinguishing the layers for the restoration materials). The graphic signs corresponding to the pathologies of damage detected, grouped by type, shall be drawn on a layer reporting the class and subclass of damage. A specific template file was created (fig. 07) to reduce the time needed to produce data or the possibility of error in the layer management. Boundaries defined through closed polylines shall describe all information. Punctual damage pathologies, marked conventionally through circumferences, and linear development damage (i.e. cracks, gaps between vertical elements), represented as open polylines, are the only exceptions.
For each damage detected, a univocal method has been defined to indicate severity and urgency, implemented by assigning properties "by object" to each graphic primitive. A predefined line colour describes the severity of the damage; the thickness of the stroke, according to a fixed multiplication factor, indicates the urgency. For all the remaining graphic marks, it is possible to freely assign the properties for easy handling of the drawing during the drafting phase (figs. 08, 09).
The choice of object types and simple properties describing the damage implies that files thus produced occupy a reduced space compared to the previous, densely hatched, but are easily convertible into the other encoding thanks to the univocity of data.

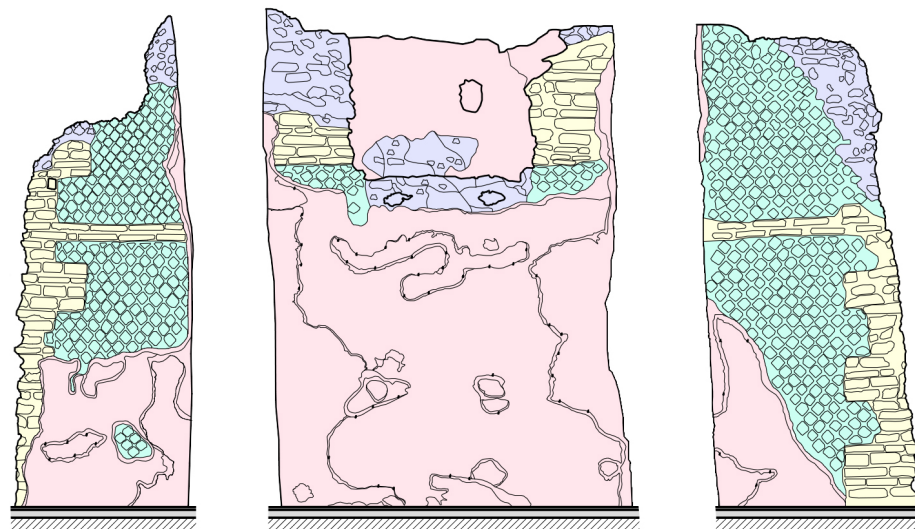



Fig. 04. Example of the survey of the material composition of three walls of the Hospitalia complex (Villa Adriana), mapped according to the precedent graphic encoding. (Author's drawing).

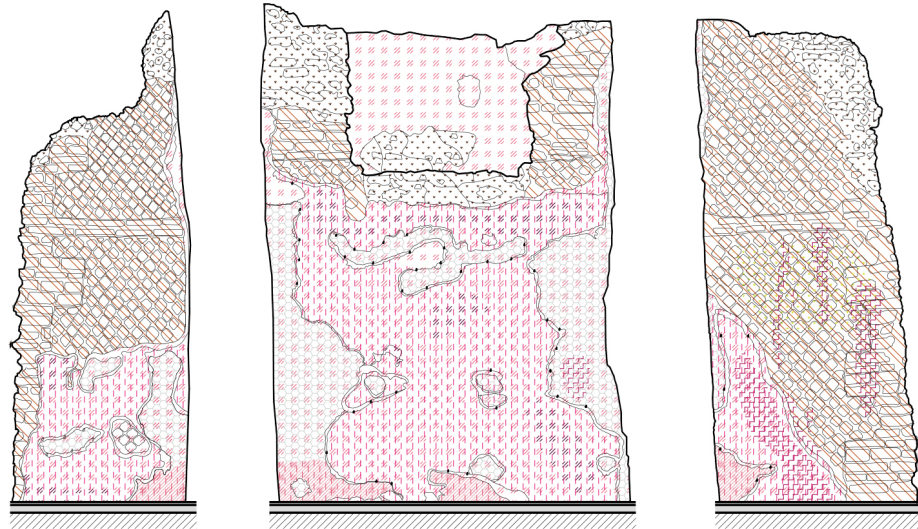
Fig. 05. Example of a survey of the degradation of the same walls, mapped according to the precedent graphic encoding. (Author's drawing).

Moreover, the structure of the drawings made them easily exportable in CSV format. The algorithm was re-implemented through a macro function that can read data automatically, precisely depending on the naming of the layers, the constant values for colour-gravity and thickness-urgency, and the presence of data referable to the total area of the single component.
In conclusion, the proposed methodological declarations are to be considered complementary to those necessary for other types of analysis and cognitive approaches. The discussed method's limit consists mainly of the representation in two dimensions of a three-dimensional object, with physical, chemical and mechanical characteristics varying in each of the three dimensions. Accordingly, the object's response to potentially harmful events definitely depends on variations in the three dimensions. The proposed method depicts the visible "skin" of a complex organism, which can sometimes show the pathologies

Fig. 06. Photographic detail of the exampled masonry. (Author's photography).

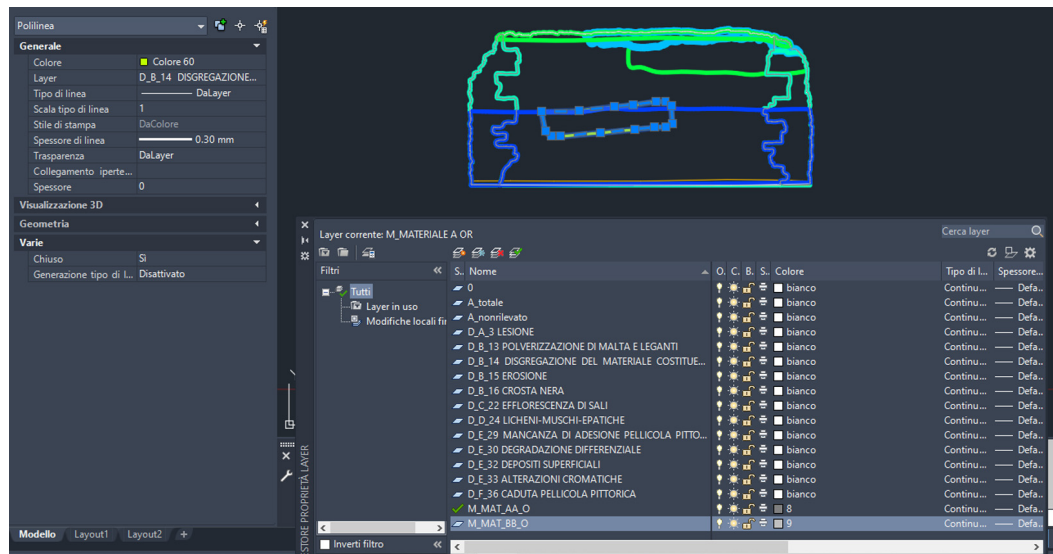



Fig. 07. Example of the data rendering inherent in a *Hospitalia* masonry wall, in CAD environment, according to the modalities provided in the new model and using the template file. (Author's image).

afflicting it through this skin. The abstraction modalities, valid for assessing the risk, assume sense only if thus conceived. Finally, it should be mentioned that the choice to structure the data in 2D vectorial graphics also relies on the consideration that spatial modelling of the information will certainly allow further development of the method and is the main subject of ongoing investigations. However, it is not able to overcome this representation limit.

Fig. 08. (left) The same walls, distinguished in components with the mapping of execution techniques, according to the new encoding. The decorative elements are drawn separately and as undetected areas (hatched, here, only for the purposes of a better identification) with respect to the masonry on which they insist. (Author's drawing).

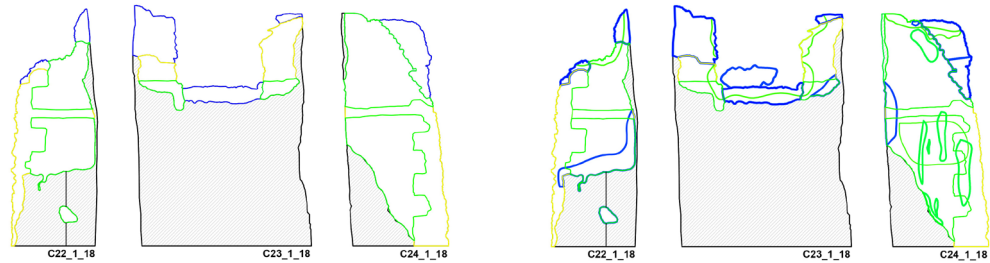
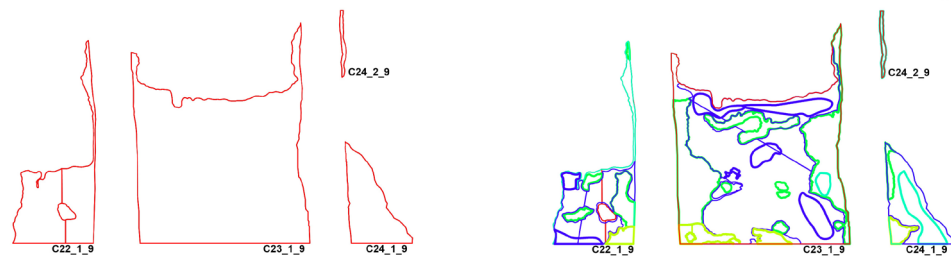



Fig. 09. (right) Degradation mapping according to the new encoding. It needs to be pointed out that its advantages are not appreciable in printed images, but it does allow interrogating the damage characteristics in the CAD environment through the object properties. (Author's drawing).

References

Accardo, G. (2006). Coperture archeologiche e metodologia della Carta del Rischio. In Laurenti, M.L. (a cura di). *Le coperture delle aree archeologiche. Museo aperto*, Roma: Gangemi, pp. 21-34.

Cacace, C., Ferroni, A.M. (2006). La vulnerabilità dei monumenti e dei complessi archeologici: schedatura conservativa e calcolo dell'indice. In Laurenti, M.L. (a cura di). *Le coperture delle aree archeologiche. Museo aperto*, Roma: Gangemi, pp. 35-44.

Corcelli, A., Ioannilli, M., Cacace C. (2008). *Progettazione e sperimentazione di un modello di analisi multi-hazard per la valutazione del rischio locale dei beni culturali. In atti della 12° conferenza Nazionale ASITA*, 21-24 ottobre, L'Aquila, vol. 1, pp. 847-852.

Eramo, E. (2018). *Verso una codifica grafica per la caratterizzazione del rilievo archeologico finalizzato alla conservazione*. In Gómez de Terreros Guardiola, M.V., Pérez-Prat Durbán, L. (a cura di). *Las ruinas: concepto, tratamiento y conservación*, pp. 193-200. Huelva: Universidad de Huelva.

Ferroni, A.M., Cacace, C. (2004). *Carta del Rischio: la Vulnerabilità archeologica, in Apparati musivi antichi nell'area del Mediterraneo: conservazione programmata e recupero. Contributi analitici alla Carta del Rischio. Atti del I convegno internazionale di studi: La materia e i segni della storia,* pp.466-472. Piazza Armerina, 9-13 aprile 2003. Palermo: Dario Flaccovio.

Lazzeri, E. (2011). Un modello multi-hazard per la valutazione del rischio dei beni archeologici. In *Archeologia* e *Calcolatori,* 22, pp.365-389.

Author
Elena Eramo, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ingegneria Informatica, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"
eramo@ing.uniroma2.it

To cite this chapter: Eramo Elena (2022). Sul rapporto semantico tra dati grafici e numerici in un modello di valutazione del Rischio archeologico/ The sematic relationship between graphic and numerical data in an archaeological heritage Risk assessment model. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2394-2409.

 Isbn 9788835141938